

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
6. Mai 2004 (06.05.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 2004/037718 A2(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: C01B 7/04(74) Anwalt: ISENBRUCK, Günter; Isenbruck Bösl  
Hörschler Wichmann Huhn, Patentanwälte, Theodor-  
Heuss-Anlage 12, 68165 Mannheim (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2003/011910

(22) Internationales Anmeldedatum:  
27. Oktober 2003 (27.10.2003)(81) Bestimmungsstaaten (*national*): AE, AG, AL, AM, AT,  
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR,  
CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD,  
GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR,  
KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN,  
MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU,  
SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,  
UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
102 50 131.9 28. Oktober 2002 (28.10.2002) DE(84) Bestimmungsstaaten (*regional*): ARIPO-Patent (GH,  
GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW),  
eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ,  
TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE,  
DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL,  
PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG,  
CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme  
von US): BASF AKTIENGESellschaft [DE/DE];  
.., 67056 Ludwigshafen (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): WALSDORFF,  
Christian [DE/DE]; Lutherstr. 1, 67059 Ludwigshafen  
(DE). FIENE, Martin [DE/DE]; Ahornweg 10, 67150  
Niederkirchen (DE). KUHRS, Christian [DE/DE]; Alte  
Eppelheimer Str. 16, 69115 Heidelberg (DE). STRÖFER,  
Eckhard [DE/DE]; Karl-Kuntz-Weg 9, 68163 Mannheim  
(DE). HARTH, Klaus [DE/DE]; Starenweg 6, 67317  
Altleiningen (DE).

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu ver-  
öffentlichen nach Erhalt des BerichtsZur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Ab-  
kürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Co-  
des and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der  
PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: METHOD FOR PRODUCING CHLORINE FROM HYDROCHLORIC ACID

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG VON CHLOR AUS SALZSÄURE

(57) Abstract: The invention relates to a method for producing chlorine from hydrochloric acid, said method comprising the fol-  
lowing steps: a) a hydrochloric acid feed flow I is prepared; b) a hydrochloric acid back-flow II is prepared; c) in a distillation step, a  
hydrogen chloride flow IV is separated from the hydrochloric acid feed flow I and the hydrochloric acid back-flow II; d) the hydrogen  
chloride flow IV, an oxygen-containing flow V, and optionally an oxygen-containing back-flow Va are fed into an oxidation zone,  
and hydrogen chloride is oxidised in the presence of a catalyst in order to form chlorine, producing a product gas flow VI contain-  
ing chlorine, non-reacted oxygen, non-reacted hydrogen chloride and water vapour; e) in an absorption step, hydrogen chloride and  
water are separated from the product gas flow VI, producing a gas flow VII and the hydrochloric acid back-flow II; f) optionally the  
gas flow VII is dried; g) an oxygen-containing flow is separated from the gas flow VII and is optionally at least partially redirected  
into the oxidation zone as a back-flow Va containing oxygen, a product flow VIII containing chlorine remaining; and h) optionally  
the product flow VIII containing chlorine is purified further.(57) Zusammenfassung: Verfahren zur Herstellung von Chlor aus Salzsäure mit den Schritten:a) es wird ein Salzsäure-Einsatzstrom  
I bereitgestellt;b) es wird ein Salzsäure-Rückstrom II bereitgestellt;c) in einem Destillationsschritt wird aus dem Salzsäure-Einsatz-  
strom I und dem Salzsäure-Rückstrom II ein Chlorwasserstoffstrom IV abgetrennt;d) der Chlorwasserstoffstrom IV, ein Sauerstoff  
enthaltender Strom V und gegebenenfalls ein Sauerstoff enthaltender Rückstrom Va werden in eine Oxidationszone eingespeist und  
Chlorwasserstoff in Gegenwart eines Katalysators zu Chlor oxidiert, wobei ein Produktgasstrom VI erhalten wird, der Chlor, nicht  
umgesetzten Sauerstoff, nicht umgesetzten Chlorwasserstoff und Wasserdampf enthält;e) aus dem Produktgasstrom VI werden in  
einem Absorptionsschritt Chlorwasserstoff und Wasser abgetrennt; wobei ein Gasstrom VII und der Salzsäure-Rückstrom II erhalten  
wird;f) gegebenenfalls wird der Gasstrom VII getrocknet;g) aus dem Gasstrom VII wird ein Sauerstoff enthaltender Strom abgetrennt  
und gegebenenfalls zumindest teilweise als Sauerstoff enthaltender Rückstrom Va in die Oxidationszone zurückgeführt, wobei ein  
Chlor enthaltender Produktstrom VIII verbleibt;h) gegebenenfalls wird der Chlor enthaltende Produktstrom VIII weiter aufgereinigt.

---

## Verfahren zur Herstellung von Chlor aus Salzsäure

---

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Chlor aus Salzsäure.

In dem von Deacon 1868 entwickelten Verfahren der katalytischen Chlorwasserstoff-Oxidation wird Chlorwasserstoff mit Sauerstoff in einer exothermen Gleichgewichtsreaktion zu Chlor oxidiert. Durch Überführung von Chlorwasserstoff in Chlor kann die Chlorherstellung von der Natronlaugeherstellung durch Chloralkalielektrolyse entkoppelt werden. Eine solche Entkoppelung ist attraktiv, da weltweit der Chlorbedarf stärker als die Nachfrage nach Natronlauge wächst. Zudem fällt Chlorwasserstoff in großen Mengen beispielsweise bei Phosgenierungsreaktionen, etwa bei der Isocyanat-Herstellung, als Koppelprodukt an. Der bei der Isocyanatherstellung gebildete Chlorwasserstoff wird überwiegend in der Oxichlorierung von Ethylen zu 1,2-Dichlorethan eingesetzt, das zu Vinylchlorid und schließlich zu PVC weiterverarbeitet wird.

Der in der Deacon-Reaktion eingesetzte Chlorwasserstoff wird üblicher Weise in gasförmiger Form bereitgestellt. Es handelt sich dabei häufig um gasförmigen Chlorwasserstoff, der in anderen Herstellverfahren, beispielsweise bei der Isocyanat-Herstellung, als Koppelprodukt anfällt.

An isolierten Produktionsstandorten kann es jedoch vorkommen, dass kein gasförmiger Chlorwasserstoff aus anderen Prozessen über Gasleitungen zur Verfügung steht. Dann muss auf Salzsäure, beispielsweise aus Kesselwagen, zurückgegriffen werden. Ferner wird ein Verfahren gesucht, mit dem wässrige Salzsäure, die an anderen Standorten anfällt, verwertet werden kann.

30

Aufgabe der Erfindung ist es, ein vorteilhaftes Verfahren zur Herstellung von Chlor aus Chlorwasserstoff bereitzustellen, bei dem Chlorwasserstoff nicht gasförmig, sondern zumindest teilweise in Form von Salzsäure eingesetzt wird.

35

Gelöst wird die Aufgabe durch ein Verfahren zur Herstellung von Chlor aus Salzsäure mit den Schritten:

- 2 -

- a) es wird ein Salzsäure-Einsatzstrom I bereitgestellt;
- b) es wird ein Salzsäure-Rückstrom II bereitgestellt;
- 5 c) in einem Destillationsschritt wird aus dem Salzsäure-Einsatzstrom I und dem Salzsäure-Rückstrom II ein Chlorwasserstoffstrom IV abgetrennt;
- d) der Chlorwasserstoffstrom IV, ein Sauerstoff enthaltender Strom V und  
10 gegebenenfalls ein Sauerstoff enthaltender Rückstrom Va werden in eine Oxidationszone eingespeist und Chlorwasserstoff in Gegenwart eines Katalysators zu Chlor oxidiert, wobei ein Produktgasstrom VI erhalten wird, der Chlor, nicht umgesetzten Sauerstoff, nicht umgesetzten Chlorwasserstoff und Wasserdampf enthält;
- 15 e) aus dem Produktgasstrom VI werden in einem Quench- und/oder Absorptionsschritt Chlorwasserstoff und Wasser abgetrennt, wobei ein Gasstrom VII und der Salzsäure-Rückstrom II erhalten wird;
- 20 f) gegebenenfalls wird der Gasstrom VII getrocknet;
- g) aus dem Gasstrom VII wird ein Sauerstoff enthaltender Strom abgetrennt und gegebenenfalls zumindest teilweise als Sauerstoff enthaltender Rückstrom Va in die Oxidationszone zurückgeführt, wobei ein Chlor enthaltender Produktstrom VIII  
25 verbleibt;
- h) gegebenenfalls wird der Chlor enthaltende Produktstrom VIII weiter aufgereinigt.

Nach dem erfindungsgemäßen Verfahren ist es ohne weiteres möglich, flüssige Salzsäure-Einsatzströme zu verarbeiten. In dem Destillationsschritt c) fällt am Kopf der Kolonne ein Chlorwasserstoffstrom an, welcher unter dem bei der Kopftemperatur T geltenden Eigendruck steht. Dieser beträgt üblicher Weise ca. 2 bis 20 bar. Der Druck ist ausreichend hoch, um den Chlorwasserstoffstrom in dem Chlorwasserstoff-Oxidationsreaktor einzuspeisen, ohne dass es des Einsatzes zusätzlicher Kompressoren bedarf.

35 Vorzugsweise wird der Salzsäure-Einsatzstrom I erhalten, indem

- a1) ein Chlorwasserstoff enthaltender Einspeisungsgasstrom Ia, der nicht wasserlösliche Nebenbestandteile enthalten kann, bereitgestellt wird;
- 5 a2) in einem Absorptionsschritt Chlorwasserstoff in Wasser absorbiert wird, wobei der Salzsäure-Einsatzstrom I und gegebenenfalls ein Abgasstrom III enthaltend nicht wasserlöslichen Verunreinigungen erhalten wird.

Der in dem Verfahrensschritt a1) eingesetzte, Chlorwasserstoff enthaltende  
10 Einspeisungsgasstrom Ia ist vorzugsweise ein chlorwasserstoffhaltiger Strom, der bei einem Verfahren als Abstrom anfällt, in dem Chlorwasserstoff als Koppelprodukt gebildet wird. Solche Verfahren sind beispielsweise

- (1) die Isocyanat-Herstellung aus Phosgen und Aminen,  
15 (2) die Säurechlorid-Herstellung,  
(3) die Polycarbonat-Herstellung,  
(4) die Herstellung von Vinylchlorid aus Ethylendichlorid,  
(5) die Chlorierung von Aromaten.

20 Der Chlorwasserstoff enthaltende Einspeisungsgasstrom Ia kann Nebenbestandteile enthalten. Üblicherweise enthält er in Wasser nicht lösliche Verunreinigungen, die sowohl organischer als auch anorganischer Natur sein können. Organische Verunreinigungen sind beispielsweise Kohlenwasserstoffe oder Chlorkohlenwasserstoffe.

25 Typische Kohlenwasserstoffe, die in den erfindungsgemäß eingesetzten Chlorwasserstoff enthaltenden Einsatzgasströmen enthalten sein können, umfassen Aromaten wie Benzol, Toluol, Xylole und C<sub>6</sub>-C<sub>12</sub>-Aliphaten. Typische Chlorkohlenwasserstoffe umfassen Phosgen, Tetrachlorkohlenstoff, Vinylchlorid und Dichlorethan. Die Kohlenwasserstoffe und Chlorkohlenwasserstoffe können in Mengen bis 20 Vol.-%, im allgemeinen bis 30 000  
30 ppm, bevorzugt in Mengen bis 10 000 ppm und insbesondere in Mengen von 100 bis 3000 ppm enthalten sein. Als anorganische Nebenbestandteile können beispielsweise Kohlenmonoxid, Kohlendioxid, Stickstoff sowie weitere Inertgase, im allgemeinen in Mengen bis 10 Vol.-%, vorzugsweise in Mengen bis zu 1 Vol.-%, enthalten sein.

35 In einem Absorptionsschritt a2) wird Chlorwasserstoff in Wasser absorbiert, wobei ein Strom aus verdünnter Salzsäure als Salzsäure-Einspeisungsstrom I und gegebenenfalls ein

Abgasstrom III enthaltend die nicht wasserlöslichen Verunreinigungen erhalten wird. Der Absorptionsschritt a2) wird üblicherweise mittels eines Gaswäschers durchgeführt, wobei Chlorwasserstoff aus dem Einsatzgasstrom als wässrige Salzsäure herausgewaschen wird.

- 5 In einem Destillationsschritt c) wird aus dem Salzsäure-Einsatzstrom I und dem Salzsäure-Rückstrom II ein Chlorwasserstoffstrom IV abgetrennt. Dies kann dadurch geschehen, dass die Salzsäureströme I und II vereinigt und gemeinsam in einer Destillationskolonne in einen Chlorwasserstoff IV und einen Strom IIa aus azeotrop siedender Salzsäure aufgetrennt werden. Üblicherweise wird die Destillation bei einem Druck von 1 bis 20 bar, 10 bevorzugt bei einem Druck von 2 bis 15 bar durchgeführt. Der Destillationsschritt c) kann in einer üblichen Destillationskolonne durchgeführt werden. Diese sollte korrosionsbeständig sein. Am Kopf der Destillationskolonne wird ein im wesentlichen wasserfreier Chlorwasserstoffstrom IV erhalten. Am Sumpf der Kolonne wird ein Strom IIa aus azeotrop siedender verdünnter Salzsäure erhalten, wobei die HCl-Konzentration der 15 azeotrop siedenden Salzsäure abhängig vom Kolonnendruck ist. Üblicherweise beträgt die HCl-Konzentration der azeotrop siedenden Salzsäure des Stroms IIa 10 bis 25 Gew.-%.

- In einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird der Destillationsschritt c) so durchgeführt, dass in einem ersten Teilschritt c1) die 20 Salzsäureströme I und II in einen Chlorwasserstoffstrom IV und einen azeotrop siedenden Salzsäurestrom IIa aufgetrennt werden, und der azeotrop siedende Salzsäurestrom IIa in einem zweiten Teilschritt c2) in einen Wasserdampfstrom IX und einen Salzsäurestrom IIb höherer Konzentration als derjenigen des Salzsäurestroms IIa aufgetrennt und der Salzsäurestrom IIb in den Teilschritt c1) zurückgeführt wird, wobei der erste Teilschritt c1) 25 bei einem höheren Druck als der zweite Teilschritt c2) durchgeführt wird. Die Destillationsschritte c1) und c2) werden in üblichen Destillationskolonnen durchgeführt.

- Der Chlorwasserstoffstrom IV wird in die katalytische Chlorwasserstoff-Oxidation geführt. Der Druck, unter dem der Chlorwasserstoffstrom IV bei Verlassen der 30 Destillationskolonne steht, beträgt üblicher Weise 2 bis 30 bar und ist damit in der Regel ausreichend hoch, so dass bei der Rückführung des Chlorwasserstoffs in die katalytische Chlorwasserstoff-Oxidation auf einen Kompressor verzichtet werden kann.

- In einem Oxidationsschritt d) werden der Chlorwasserstoffstrom IV, ein Sauerstoff 35 enthaltender Strom V und gegebenenfalls ein Sauerstoff enthaltender Rückstrom Va in eine Oxidationszone eingespeist und wird Chlorwasserstoff in Gegenwart eines

Katalysators zu Chlor oxidiert, wobei ein Produktgasstrom VI erhalten wird, der Chlor, nicht umgesetzten Sauerstoff, nicht umgesetzten Chlorwasserstoff und Wasserdampf enthält.

- 5 In dem auch als Deacon-Prozess bekannten katalytischen Verfahren wird Chlorwasserstoff mit Sauerstoff in einer exothermen Gleichgewichtsreaktion zu Chlor oxidiert, wobei Wasserdampf anfällt. Übliche Reaktionstemperaturen liegen zwischen 150 und 500°C, übliche Reaktionsdrucke liegen zwischen 1 und 25 bar. Ferner ist es zweckmäßig, Sauerstoff in überstöchiometrischen Mengen einzusetzen. Üblich ist beispielsweise ein  
10 zwei- bis vierfacher Sauerstoff-Überschuss. Da keine Selektivitätsverluste zu befürchten sind, kann es wirtschaftlich vorteilhaft sein, bei relativ hohen Drücken und dementsprechend bei gegenüber Normaldruck längeren Verweilzeiten zu arbeiten.

- Geeignete Katalysatoren enthalten beispielsweise Rutheniumoxid, Rutheniumchlorid oder  
15 andere Rutheniumverbindungen auf Siliziumdioxid, Aluminiumoxid, Titandioxid oder Zirkondioxid als Träger. Geeignete Katalysatoren können beispielsweise durch Aufbringen von Rutheniumchlorid auf den Träger und anschließendes Trocknen oder Trocknen und Calcinieren erhalten werden. Geeignete Katalysatoren können ergänzend zu oder an Stelle einer Rutheniumverbindung auch Verbindungen anderer Edelmetalle, beispielsweise Gold,  
20 Palladium, Platin, Osmium, Iridium, Silber, Kupfer oder Rhenium enthalten. Geeignete Katalysatoren können ferner Chrom(III)oxid enthalten.

- Geeignet sind ferner Katalysatoren, welche auf einem Träger 0,001 bis 30 Gew.-% Gold, 0 bis 3 Gew.-% eines oder mehrerer Erdalkalimetalle, 0 bis 3 Gew.-% eines oder mehrerer  
25 Alkalimetalle, 0 bis 10 Gew.-% eines oder mehrerer Seltenerdmetalle und 0 bis 10 Gew.-% eines oder mehrerer weiterer Metalle, ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Ruthenium, Palladium, Platin, Osmium, Iridium, Silber, Kupfer und Rhenium, jeweils bezogen auf das Gesamtgewicht des Katalysators, enthalten.

- 30 Derartige Gold enthaltende Trägerkatalysatoren weisen, insbesondere bei Temperaturen von  $\leq 250$  °C, bei der Chlorwasserstoff-Oxidation eine höhere Aktivität als die Ruthenium enthaltenden Katalysatoren des Standes der Technik auf.

- Übliche Reaktionsapparate, in denen die katalytische Chlorwasserstoff-Oxidation  
35 durchgeführt wird, sind ein Festbett- oder Wirbelbettreaktor. Die Chlorwasserstoff-Oxidation kann mehrstufig durchgeführt werden.

Die katalytische Chlorwasserstoff-Oxidation kann adiabatisch oder bevorzugt isotherm oder annähernd isotherm, diskontinuierlich, bevorzugt kontinuierlich als Fließ- oder Festbettverfahren, bevorzugt als Festbettverfahren, besonders bevorzugt in  
5 Rohrbündelreaktoren an Heterogenkatalysatoren bei Reaktortemperaturen von 180 bis 500°C, bevorzugt 200 bis 400°C, besonders bevorzugt 220 bis 350°C und einem Druck von 1 bis 25 bar, bevorzugt 1,2 bis 20 bar, besonders bevorzugt 1,5 bis 17 bar und insbesondere 2,0 bis 15 bar durchgeführt werden.

10 Bei der isothermen oder annähernd isothermen Fahrweise können auch mehrere, also 2 bis 10, bevorzugt 2 bis 6, besonders bevorzugt 2 bis 5, insbesondere 2 bis 3 in Reihe geschaltete Reaktoren mit zusätzlicher Zwischenkühlung eingesetzt werden. Der Sauerstoff kann entweder vollständig zusammen mit dem Chlorwasserstoff vor dem ersten Reaktor oder über die verschiedenen Reaktoren verteilt zugegeben werden. Diese  
15 Reihenschaltung einzelner Reaktoren kann auch in einem Apparat zusammengeführt werden.

Eine bevorzugte Ausführungsform besteht darin, dass man eine strukturierte Katalysatorschüttung einsetzt, bei der die Katalysatoraktivität in Strömungsrichtung  
20 ansteigt. Eine solche Strukturierung der Katalysatorschüttung kann durch unterschiedliche Tränkung der Katalysatorträger mit Aktivmasse oder durch unterschiedliche Verdünnung des Katalysators mit einem Inertmaterial erfolgen. Als Inertmaterial können beispielsweise Ringe, Zylinder oder Kugeln aus Titandioxid, Zirkondioxid oder deren Gemischen, Aluminiumoxid, Steatit, Keramik, Glas, Graphit oder Edelstahl eingesetzt werden. Beim  
25 bevorzugten Einsatz von Katalysatorformkörpern sollte das Inertmaterial bevorzugt ähnliche äußeren Abmessungen haben.

Als Katalysatorformkörper eignen sich beliebige Formen, bevorzugt sind Tabletten, Ringe, Zylinder, Sterne, Wagenräder oder Kugeln, besonders bevorzugt sind Ringe, Zylinder oder  
30 Sternstränge.

Als Heterogenkatalysatoren eignen sich insbesondere Rutheniumverbindungen oder Kupferverbindungen auf Trägermaterialien, die auch dotiert sein können, bevorzugt sind  
35 gegebenenfalls dotierte Rutheniumkatalysatoren. Als Trägermaterialien eignen sich beispielsweise Siliciumdioxid, Graphit, Titandioxid mit Rutil- oder Anatas-Struktur, Zirkondioxid, Aluminiumoxid oder deren Gemische, bevorzugt Titandioxid, Zirkondioxid,

Aluminiumoxid oder deren Gemische, besonders bevorzugt  $\gamma$ - oder  $\delta$ -Aluminiumoxid oder deren Gemische.

Die Kupfer- bzw. die Rutheniumträgerkatalysatoren können beispielsweise durch  
5 Tränkung des Trägermaterials mit wässrigen Lösungen von  $\text{CuCl}_2$  bzw.  $\text{RuCl}_3$  und gegebenenfalls eines Promotors zur Dotierung, bevorzugt in Form ihrer Chloride, erhalten werden. Die Formgebung des Katalysators kann nach oder bevorzugt vor der Tränkung des Trägermaterials erfolgen.

10 Zur Dotierung eignen sich als Promotoren Alkalimetalle wie Lithium, Natrium, Kalium, Rubidium und Cäsium, bevorzugt Lithium, Natrium und Kalium, besonders bevorzugt Kalium, Erdalkalimetalle wie Magnesium, Calcium, Strontium und Barium, bevorzugt Magnesium und Calcium, besonders bevorzugt Magnesium, Seltenerdmetalle wie Scandium, Yttrium, Lanthan, Cer, Praseodym und Neodym, bevorzugt Scandium, Yttrium,  
15 Lanthan und Cer, besonders bevorzugt Lanthan und Cer, oder deren Gemische.

Die Formkörper können anschließend bei Temperaturen von 100 bis 400°C, bevorzugt 100 bis 300°C beispielsweise unter einer Stickstoff-, Argon- oder Luftatmosphäre getrocknet und gegebenenfalls calciniert werden. Bevorzugt werden die Formkörper zunächst bei 100  
20 bis 150°C getrocknet und anschließend bei 200 bis 400°C calciniert.

Der Umsatz an Chlorwasserstoff im einfachen Durchgang kann auf 15 bis 90 %, bevorzugt 40 bis 85 %, besonders bevorzugt 50 bis 80 % begrenzt werden. Nicht umgesetzter Chlorwasserstoff kann nach Abtrennung teilweise oder vollständig in die katalytische  
25 Chlorwasserstoff-Oxidation zurückgeführt werden. Das Volumenverhältnis von Chlorwasserstoff zu Sauerstoff am Reaktoreintritt liegt in der Regel zwischen 1:1 und 20:1, bevorzugt zwischen 2:1 und 8:1, besonders bevorzugt zwischen 2:1 und 5:1.

In einem Quench- und/oder Absorptionsschritt e) werden aus dem Produktgasstrom VI  
30 Chlorwasserstoff und Wasser abgetrennt, wobei ein Gasstrom VII und ein Strom II aus verdünnter Salzsäure erhalten werden. Als Absorptionsmittel geeignet sind Wasser und jede verdünnte Salzsäure, die nicht an Chlorwasserstoff gesättigt ist. Vorzugsweise wird Wasser als Absorptionsmittel eingesetzt. Die Absorptionstemperatur beträgt üblicherweise von 0 bis 150 °C, vorzugsweise von 30 bis 100°C, der Absorptionsdruck beträgt  
35 üblicherweise von 0,5 bis 20 bar, vorzugsweise von 1 bis 10 bar.



Es wird ein Gasstrom VII erhalten, der Chlor und Sauerstoff enthält oder im wesentlichen aus diesen Gasen besteht. Dieser enthält üblicherweise noch Spuren von Feuchtigkeit. Üblicherweise wird daher eine Trocknungsstufe f) durchgeführt, in der der Gasstrom aus Chlor und Sauerstoff durch Inkontaktbringen mit geeigneten Trocknungsmitteln von Feuchtigkeitsspuren befreit wird. Geeignete Trocknungsmittel sind beispielsweise konzentrierte Schwefelsäure, Molsiebe oder hygroskopische Adsorbentien.

In einem Abtrennschritt g) wird aus dem Gasstrom VII ein Sauerstoff enthaltender Strom abgetrennt, der gegebenenfalls zumindest teilweise als Sauerstoff enthaltender Rückstrom Va in die Oxidationszone zurückgeführt wird. Es verbleibt ein Chlor enthaltender Produktstrom VIII.

Die Sauerstoff-Abtrennung erfolgt vorzugsweise durch Destillation, üblicherweise bei einer Temperatur im Bereich von -20 bis +50 °C und einem Druck im Bereich von 1 bis 20 bar in einer Destillationskolonne mit 10 bis 100 theoretischen Böden.

Der Chlor enthaltende Produktstrom VIII kann weiter aufgereinigt werden.

In einer bevorzugten Ausführungsform wird der chlorwasserstoffhaltige Einsatzgasstrom I bei der Isocyanatsynthese aus Phosgen und primären Aminen gewonnen.

In einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird der chlorwasserstoffhaltige Einsatzgasstrom I bei der Isocyanatsynthese aus Phosgen und primären Aminen gewonnen, und wird der Chlor enthaltende Produktgasstrom VIII zur Herstellung des Phosgens eingesetzt, das nachfolgend mit den primären Aminen zu Isocyanaten umgesetzt wird.

Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist daher auch ein integriertes Verfahren zur Herstellung von organischen Isocyanaten mit den Schritten

- i) ein Kohlenmonoxid enthaltender Einspeisungsgasstrom X, ein Chlor enthaltender Rückstrom VIII und gegebenenfalls ein Chlor enthaltender Ergänzungsstrom VIIa werden bereitgestellt;
- ii) in einem Phosgen-Syntheseschritt werden die Ströme X, VIII und gegebenenfalls VIIa zu einem Phosgen enthaltenden Gasstrom XI umgesetzt;

- iii) in einem Isocyanat-Syntheseschritt wird der Phosgen enthaltende Gasstrom XI mit einem oder mehreren primären Aminen zu dem oder den entsprechenden Isocyanaten und Chlorwasserstoff umgesetzt, wobei ein Chlorwasserstoff und nicht umgesetztes Phosgen enthaltender Gasstrom XII und ein Isocyanat enthaltender Produktstrom XIII gewonnen werden;
- iv) aus dem Chlorwasserstoff und nicht umgesetztes Phosgen enthaltenden Gasstrom XII wird in einem Auftrennschritt ein Chlorwasserstoff und gegebenenfalls nicht wasserlösliche Verunreinigungen enthaltender Gasstrom Ia und ein Phosgen enthaltender Strom XIV gewonnen, wobei der Phosgen enthaltende Strom XIV gegebenenfalls in den Isocyanat-Syntheseschritt iii) zurückgeführt wird;
- v) in einem Absorptionsschritt wird Chlorwasserstoff aus dem Gasstrom Ia in Wasser absorbiert, wobei ein Salzsäure-Einsatzstrom I aus verdünnter Salzsäure und gegebenenfalls ein Abgasstrom III enthaltend die nicht wasserlöslichen Verunreinigungen erhalten wird;
- vi) aus dem Salzsäure-Einsatzstrom I und einem Salzsäure-Rückstrom II wird in einem Destillationsschritt ein Chlorwasserstoffstrom IV abgetrennt;
- vii) der Chlorwasserstoffstrom IV, ein Sauerstoff enthaltender Strom V und gegebenenfalls ein Sauerstoff enthaltender Rückstrom Va werden in eine Oxidationszone eingespeist und Chlorwasserstoff in Gegenwart eines Katalysators zu Chlor oxidiert, wobei ein Produktgasstrom VI erhalten wird, der Chlor, nicht umgesetzten Sauerstoff, nicht umgesetzten Chlorwasserstoff und Wasserdampf enthält;
- viii) aus dem Produktgasstrom VI werden in einem Absorptionsschritt Chlorwasserstoff und Wasser abgetrennt, wobei ein Gasstrom VII und ein Salzsäure-Rückstrom II aus verdünnter Salzsäure erhalten wird;
- ix) der Gasstrom VII wird getrocknet;
- x) aus dem Gasstrom VII wird ein Sauerstoff enthaltender Strom abgetrennt und gegebenenfalls zumindest teilweise als Sauerstoff enthaltender Rückstrom Va in die

Oxidationszone zurückgeführt, wobei ein Chlor enthaltender Produktstrom VIII verbleibt;

- xi) der Chlor enthaltende Produktstrom VIII wird, gegebenenfalls nach Aufreinigung, als Chlor enthaltender Rückstrom VIII in Schritt i) eingesetzt.

In einem Schritt i) wird ein Kohlenmonoxid enthaltender Einspeisungsgasstrom X, ein Chlor enthaltender Strom VIII als Rückstrom VIII und gegebenenfalls ein Chlor enthaltender Ergänzungsstrom VIIIA, der Chlorverluste ausgleichen soll, bereitgestellt.

In einem Phosgensyntheseschritt ii) werden die Ströme X, VIII und gegebenenfalls VIIIA zu einem Phosgen enthaltenden Gasstrom XI umgesetzt. Verfahren zur Herstellung von Phosgen sind in Ullmanns Enzyklopädie der Industriellen Chemie, 3. Aufl., Bd. 13, Seite 494 - 500 beschrieben. So kann Phosgen durch Überleiten von Kohlenmonoxid und Chlor über Aktivkohle erhalten werden.

In einem Isocyanat-Syntheseschritt iii) wird der Phosgen enthaltende Gasstrom XI mit einem oder mehreren primären Aminen zu dem oder den entsprechenden Isocyanaten und Chlorwasserstoff umgesetzt, wobei ein Chlorwasserstoff und nicht umgesetztes Phosgen enthaltender Gasstrom XII und ein Isocyanat enthaltender Produktstrom XIII gewonnen werden. Diese Reaktion wird auch als Phosgenierung der Amine bezeichnet. Die eingesetzten Amine weisen mindestens eine, bevorzugt zwei, gegebenenfalls auch drei oder mehr primäre Aminogruppen auf.

Die im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens stattfindende Isocyanat-Herstellung wird in einer dem Fachmann bekannten Weise durch Umsetzung eines Amins oder eines Gemischs aus zwei oder mehr Aminen mit Phosgen in überstöchiometrischer Menge durchgeführt. Anwendbar sind grundsätzlich alle Verfahren, bei denen ein primäres Amin oder ein Gemisch aus zwei oder mehr primären Aminen mit einer oder mehreren primären Aminogruppen mit Phosgen unter Bildung einer oder mehrerer Isocyanate mit einer oder mehreren Isocyanatgruppen umgesetzt wird.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird die Phosgenierung des oder der Amine in einem Lösemittel oder Lösungsmittelgemisch durchgeführt. Als Lösemittel können alle für die Herstellung von Isocyanaten geeigneten Lösemittel eingesetzt werden. Vorzugsweise sind dies inerte aromatische, aliphatische oder alicyclische

Kohlenwasserstoffe oder deren halogenierte Derivate. Beispiele für solche Lösemittel sind aromatische Verbindungen wie Mono- oder Dichlorbenzol, beispielsweise o-Dichlorbenzol, Toluol, Xylol, Naphthalinderivate wie Tetralin oder Decalin, Alkane mit etwa 5 bis etwa 12 C-Atomen wie Hexan, Heptan, Octan, Nonan oder Decan, Cycloalkane wie Cyclohexan, weitgehend inerte Ester und Ether wie Ethyl- oder Butylacetat, Tetrahydrofuran, Dioxan oder Diphenylether. Es kann auch ein Teilstrom des produzierten Isocyanats als Lösungsmittel- oder Lösungsmittelbestandteil zurückgeführt werden.

Als Amine eignen sich prinzipiell alle primären Amine, die in geeigneter Weise mit Phosgen zu Isocyanaten reagieren können. Geeignet sind prinzipiell alle linearen oder verzweigten, gesättigten oder ungesättigten aliphatischen oder cycloaliphatischen oder aromatischen primären Mono- oder Polyamine, die mit Phosgen zu Isocyanaten umgesetzt werden können. Beispiele für geeignete Amine sind 1,3-Propylendiamin, 1,4-Butylendiamin, 1,5-Pentamethylendiamin, 1,6-Hexamethylendiamin und die entsprechenden höheren Homologen dieser Reihe, Isophorondiamin (IPDA), Cyclohexylendiamin, Cyclohexylamin, Anilin, Phenylendiamin, p-Toluidin, 1,5-Naphtylendiamin, 2,4- oder 2,6-Toluyldiamin oder deren Gemische, 4,4'-, 2,4'- oder 2,2'-Diphenylmethandiamin oder deren Gemische, sowie höhermolekulare isomere, oligomere oder polymere Derivate der obengenannten Amine und Polyamine.

In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung werden als Amine die isomeren primären Diphenylmethandiamine (MDA) bzw. deren oligomere oder polymere Derivate eingesetzt, also die Amine der Diphenylmethandiamin-Reihe. Diphenylmethandiamin, dessen Oligomere oder Polymere werden beispielsweise durch Kondensation von Anilin mit Formaldehyd erhalten. Auch solche Oligo- oder Polyamine oder deren Gemische werden im Rahmen einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung eingesetzt. Bevorzugte Amine sind weiterhin Hexamethylendiamin, Toluyldiamin und Isophorondiamin.

Die Umsetzung des Phosgens mit den obengenannten Aminen kann kontinuierlich oder diskontinuierlich in einer oder mehreren Stufen erfolgen. Wird eine einstufige Umsetzung durchgeführt, so erfolgt diese Umsetzung vorzugsweise bei etwa 40 bis 200 °C, beispielsweise bei etwa 90 bis 180 °C.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird die Umsetzung zweistufig durchgeführt. Hierbei wird in einer ersten Stufe, die auch als Kaltphosgenierung

bezeichnet wird, die Umsetzung des Phosgens mit dem oder den Aminen bei einer Temperatur von 0 bis 160 °C, beispielsweise von 20 bis 130 °C durchgeführt, wobei für die Reaktion zwischen Amin und Phosgen eine Zeitspanne von etwa 0,5 min bis 2 h eingeräumt wird. Anschließend wird in einer zweiten Stufe, die auch als Heißphosgenierung bezeichnet wird, die Temperatur innerhalb einer Zeitspanne von im  
5 allgemeinen etwa 1 min bis 5 h, beispielsweise innerhalb von etwa 1 min bis 3 h, auf 60 bis 190 °C, insbesondere 70 bis 170 °C, erhöht.

Während der Umsetzung kann in einer weiteren Ausführungsform der Erfindung erhöhter  
10 Druck angelegt werden, im allgemeinen bis zu 100 bar oder weniger, vorzugsweise 1 bar bis etwa 50 bar, besonders bevorzugt 2 bar bis 25 bar, insbesondere 3 bar bis 12 bar. In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung wird bei etwa 1 bar (Umgebungsdruck) gearbeitet. In einer weiteren Ausführungsform wird bei gegenüber dem Umgebungsdruck reduziertem Druck gearbeitet.

15 Es wird ein Isocyanate enthaltender Produktstrom XIII gewonnen, aus dem nachfolgend die gebildeten Isocyanate abgetrennt und gegebenenfalls gereinigt werden.

Überschüssiges Phosgen kann im Anschluss an die Umsetzung bei einer Temperatur von  
20 50 bis 180 °C entfernt werden. Die Entfernung des Lösemittels erfolgt vorzugsweise unter vermindertem Druck, beispielsweise bei einem Druck von 500 mbar oder weniger, bevorzugt von 100 mbar oder weniger. Im Allgemeinen werden dabei die verschiedenen Lösemittel-Komponenten in der Reihe der Siedepunkte abgetrennt, wobei auch die Abtrennung von Gemischen der verschiedenen Komponenten in einer einzigen  
25 Verfahrensstufe möglich ist. Anschließend kann das erhaltene Isocyanat fraktioniert werden.

In einem Auftrennschritt iv) wird aus dem Chlorwasserstoff und nicht umgesetztes Phosgen enthaltenden Gasstrom XII ein Chlorwasserstoff und gegebenenfalls ein nicht  
30 wasserlösliche Verunreinigungen enthaltender Gasstrom Ia und ein Phosgen enthaltender Strom XIV gewonnen, wobei der Phosgen enthaltende Strom XIV gegebenenfalls in den Isocyanat-Syntheseschritt iii) zurückgeführt wird. Chlorwasserstoff fällt bei der Umsetzung iii) von Phosgen mit Amin üblicherweise gasförmig im Gemisch mit Phosgen und typischer Weise geringen Mengen weiterer Gase wie Kohlenmonoxid, Kohlendioxid,  
35 Stickstoff und Spuren von in der Isocyanat-Herstellung eingesetzten Lösemitteln an. Phosgen und schwersiedende Nebenbestandteile können durch Destillation abgetrennt

werden. Es wird ein im wesentlichen Chlorwasserstoff enthaltender Strom erhalten. Darin enthaltene Spuren organischer Verbindungen wie Phosgen und Lösemittelreste können in einer nachgeschalteten Reinigungsstufe durch Absorption, Adsorption, Destillation oder Extraktion entfernt werden.

5

Einfacher ist es jedoch, zur Reinigung den Chlorwasserstoffstrom in Wasser oder verdünnter Salzsäure zu absorbieren, wobei die nicht wasserlöslichen Gasbestandteile in dem Restgasstrom verbleiben.

- 10 Dementsprechend wird in einem Absorptionsschritt v) Chlorwasserstoff aus dem Gasstrom Ia in Wasser absorbiert, wobei ein Strom I aus verdünnter Salzsäure und gegebenenfalls ein Abgasstrom III enthaltend die nicht wasserlöslichen Verunreinigungen erhalten wird.

15 Vor Durchführung des Absorptionsschrittes v) kann der Chlorwasserstoff enthaltende Strom Ia durch Überleiten über ein Reinigungsbett und Absorption von darin enthaltenen Lösemittelresten an dem Reinigungsbett vorgereinigt werden. Das Reinigungsbett besteht dabei aus geeigneten Absorbentien, vorzugsweise in stückiger Form wie Kugeln, Extrudate oder Tabletten. Geeignete Materialien, die als Absorbentien in Frage kommen, sind beispielsweise Aktivkohle, Aluminiumoxid, Titanoxid, Siliziumdioxid, Eisenoxid, Zeolithe  
20 und Molsiebe. Geeignete Materialien können auch Metalloxide oder Metallhalogenide, wie Kupfer- oder Rutheniumoxide oder -halogenide bzw. deren Gemische, auf einem Träger aus einem feuerfesten anorganischen Material wie Aluminiumoxid, Titanoxid oder Siliziumdioxid enthalten. Bevorzugte Absorbentien sind Aluminiumoxid, Aktivkohle und Tonerden.

25

Es wird ein Strom I aus verdünnter Salzsäure erhalten. Auch dieser Strom kann nochmals gereinigt werden. Die nachfolgenden Schritte vi) bis xi) des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Herstellung von organischen Isocyanaten entsprechen den oben beschriebenen Schritten c) bis g) des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Herstellung von  
30 Chlor.

Die Erfindung wird durch die Figuren näher erläutert.

35

Figur 1 zeigt beispielhaft eine Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens der Chlor-Herstellung.

Ein Sauerstoff enthaltender Einspeisungsgasstrom 3, ein Sauerstoff enthaltender Rückstrom 16 und ein Chlorwasserstoff enthaltender Strom 2 werden in den Chlorwasserstoff-Oxidationsreaktor 4 eingespeist, in dem Chlorwasserstoff katalytisch zu Chlor oxidiert wird. Als Sauerstoff enthaltender Strom können beispielsweise reiner Sauerstoff, 94 vol.-%iger Sauerstoff aus einer Druckwechselabsorption (technisch reiner Sauerstoff) oder mit Sauerstoff angereicherte Luft eingesetzt werden. Es wird ein Produktgasstrom 5 erhalten, der Chlor, nicht umgesetzten Sauerstoff, nicht umgesetzten Chlorwasserstoff und Wasserdampf enthält. Der Produktgasstrom 5 wird in einen Phasenkontaktapparat 6 eingeleitet und dort mit Wasser 7 in Kontakt gebracht, wobei ein Strom 8 aus verdünnter Salzsäure erhalten wird. Ein extern zugeführter Strom 23 aus verdünnter Salzsäure und der Strom 8 aus verdünnter Salzsäure werden in eine erste Destillationskolonne 1 eingespeist und bei einem Druck  $p_1$  destilliert, bei dem als Kopfprodukt Chlorwasserstoff 2 und als Sumpfprodukt bei dem Druck  $p_1$  azeotrop siedende Salzsäure 24 erhalten wird. Der Chlorwasserstoffstrom 2 wird als Rückstrom in den Oxidationsreaktor 4 zurückgeführt. Ein Teil der Salzsäure 24 kann als zusätzlicher Absorptionsmittelstrom 24a in den Phasenkontaktapparat 6 eingespeist werden. Den Phasenkontaktapparat 6 verlässt ein von Chlorwasserstoff befreiter Gasstrom 9 aus Chlor, Sauerstoff und Wasserdampf, der einer Trocknungsstufe 10 zugeleitet wird. In der Trocknungsstufe 10 wird der Gasstrom 9 mit einem geeigneten Absorptionsmittel wie Schwefelsäure, Molsieben oder weiteren hygroskopischen Adsorbentien in Kontakt gebracht und so von Wasserspuren befreit. Optional ist der Trocknungsstufe 10 ein sogenannter De-Mister 12 nachgeschaltet, in dem der getrocknete Gasstrom 10 von mitgerissenen Flüssigkeitspartikeln befreit wird. Ein De-Mister ist bevorzugt vorgesehen, falls die Trocknungsstufe 10 eine Absorption an Schwefelsäure beinhaltet. Der getrocknete und gegebenenfalls von Flüssigkeitspartikeln befreite Gasstrom 13 aus Chlor und Sauerstoff wird der Destillationsstufe 14 zugeführt, in der Sauerstoff abgetrennt und als Rückstrom 16 in den Chlorwasserstoff-Oxidationsreaktor zurückgeführt wird. Es wird ein Produktstrom 15 aus Chlor erhalten. Um die Aufpegelung von inerten Gasbestandteilen wie Stickstoff, Argon (gegebenenfalls aus dem Sauerstoff enthaltenden Einspeisungsstrom 3, falls kein reiner Sauerstoff eingesetzt wird) oder Kohlendioxid (gegebenenfalls aus der Verbrennung der Kohlenwasserstoffe oder Chlorkohlenwasserstoffe) zu vermeiden, ist ein Purge-Strom 16a vorgesehen.

Figur 2 zeigt beispielhaft eine weitere Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens der Chlor-Herstellung.

Ein Sauerstoff enthaltender Einspeisungsgasstrom 3, ein Sauerstoff enthaltender Rückstrom 16 und ein Chlorwasserstoff enthaltender Rückstrom 2 werden in den Chlorwasserstoff-Oxidationsreaktor 4 eingespeist, in dem Chlorwasserstoff katalytisch zu Chlor oxidiert wird. Als Sauerstoff enthaltender Strom können beispielsweise reiner Sauerstoff, 94 vol.-%iger Sauerstoff aus einer Druckwechselabsorption (technisch reiner Sauerstoff) oder mit Sauerstoff angereicherte Luft eingesetzt werden. Es wird ein Produktgasstrom 5 erhalten, der Chlor, nicht umgesetzten Sauerstoff, nicht umgesetzten Chlorwasserstoff und Wasserdampf enthält. Der Produktgasstrom 5 wird in einen Phasenkontaktapparat 6 eingeleitet und dort mit Wasser 7 in Kontakt gebracht, wobei ein Strom 8 aus verdünnter Salzsäure erhalten wird. Ein Chlorwasserstoff und gasförmige, nicht wasserlösliche Nebenbestandteile enthaltender Strom 17 wird in einen Phasenkontaktapparat 18, vorzugsweise einen Gaswäscher, eingeleitet und mit Wasser 19 in Kontakt gebracht, wobei ein Strom 21 aus verdünnter Salzsäure und ein die gasförmigen Nebenbestandteile enthaltender Abgasstrom 20 erhalten wird. Der Salzsäurestrom 21 kann in der Strippkolonne 22 von nicht wasserlöslichen, in der Salzsäure dispergierten Spuren-Verunreinigungen mit Wasserdampf frei gestrippt werden, wobei ein gereinigter Salzsäurestrom 23 erhalten wird. Die Ströme 8 und 23 aus verdünnter Salzsäure werden in eine erste Destillationskolonne 1 eingespeist und bei einem Druck  $p_1$  destilliert, bei dem als Kopfprodukt Chlorwasserstoff 2 und als Sumpfprodukt bei dem Druck  $p_1$  azeotrop siedende Salzsäure 24 erhalten wird. Der Chlorwasserstoffstrom 2 wird als Rückstrom in den Oxidationsreaktor 4 zurückgeführt. Der azeotrop siedende Chlorwasserstoffstrom 24 wird einer zweiten Destillationskolonne 25 zugeführt und bei einem Druck  $p_2 < p_1$  destilliert, wobei am Kopf der Kolonne Wasserdampf 26 erhalten wird und am Kolonnensumpf eine bei dem Druck  $p_2$  azeotrop siedende Salzsäure 27, deren Konzentration höher ist als die Konzentration der Salzsäure 24. Die Salzsäure 27 wird in die erste Destillationskolonne 1 zurückgeführt. Ein Teil der Salzsäure 24 kann als zusätzlicher Absorptionsmittelstrom 24a in den Phasenkontaktapparat 6 eingespeist werden, ein anderer Teil als zusätzlicher Absorptionsmittelstrom 24b in den Phasenkontaktapparat 18 eingespeist werden. Den Phasenkontaktapparat 6 verlässt ein von Chlorwasserstoff befreiter Gasstrom 9 aus Chlor, Sauerstoff und Wasserdampf, der einer Trocknungsstufe 10 zugeleitet wird. In der Trocknungsstufe 10 wird der Gasstrom 9 mit einem geeigneten Absorptionsmittel wie Schwefelsäure, Molsieben oder weiteren hygroskopischen Adsorbentien in Kontakt gebracht und so von Wasserspuren befreit. Optional ist der Trocknungsstufe 10 ein sogenannter De-Mister 12 nachgeschaltet, in dem der getrocknete Gasstrom 10 von mitgerissenen Flüssigkeitspartikeln befreit wird. Ein De-Mister ist bevorzugt vorgesehen, falls die Trocknungsstufe 10 eine Absorption an



Schwefelsäure beinhaltet. Der getrocknete und gegebenenfalls von Flüssigkeitspartikeln befreite Gasstrom 13 aus Chlor und Sauerstoff wird der Destillationsstufe 14 zugeführt, in der Sauerstoff abgetrennt und als Rückstrom 16 in den Chlorwasserstoff-Oxidationsreaktor zurückgeführt wird. Es wird ein Produktstrom 15 aus Chlor erhalten. Um die Aufpegelung von inerten Gasbestandteilen wie Stickstoff, Argon (gegebenenfalls aus dem Sauerstoff enthaltenden Einspeisungsstrom 3, falls kein reiner Sauerstoff eingesetzt wird) oder Kohlendioxid (gegebenenfalls aus der Verbrennung der Kohlenwasserstoffe oder Chlorkohlenwasserstoffe) zu vermeiden, ist ein Purge-Strom 16a vorgesehen.

Figur 3 zeigt beispielhaft eine Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens der Isocyanat-Herstellung.

Ein Chlor enthaltende Rückstrom 15, der aus dem Chlor-Produktstrom der Chlorwasserstoff-Oxidation erhalten wird, und gegebenenfalls durch Destillation in einer Kolonne von leichtsiedenden Nebenbestandteilen befreit worden ist, ein Chlor enthaltender Ergänzungsstrom 28 und ein Kohlenmonoxidstrom 29, bevorzugt aus einer Synthesegasanlage, werden dem Phosgensynthesereaktor 30 zugeführt und dort zu Phosgen umgesetzt, wobei Kohlenmonoxid bevorzugt im Überschuss eingesetzt wird. Der erhaltene Produktgasstrom 31, der im wesentlichen Phosgen und Kohlenmonoxid enthält und darüber hinaus noch Spuren von Chlor, Tetrachlorkohlenstoff und Inerte wie Stickstoff enthalten kann, wird der Trennstufe 32 zugeführt und dort, vorzugsweise durch Auskondensieren von Phosgen oder durch Destillation, in einen Abgasstrom 33, der im wesentlichen aus Kohlenmonoxid besteht gegebenenfalls Spuren von Chlor enthalten kann, und einen Strom 34 aus Phosgen aufgetrennt. Dieser Strom 34, ein Strom 35 aus primärem Amin, ein Phosgen-Rückstrom 40 und ein Lösemittel-Rückstrom 42 werden dem Phosgenierungsreaktor 36 zugeführt, wo die Umsetzung von Amin mit Phosgen zu Isocyanat und Chlorwasserstoff stattfindet. Der Phosgenierungsreaktor 36 kann beispielsweise als Rührkessel, Rührkesselskaskade, Reaktionskolonne oder Rohrreaktor mit vorgeschaltetem Mischorgan oder Verschaltung der vorgenannten Apparate ausgestaltet sein. Die Phosgenierung kann zweistufig als Kaltphosgenierung mit anschließender Heißphosgenierung durchgeführt werden. Es wird ein flüssiger Produktstrom 37 enthaltend Lösemittel, Isocyanat und Nebenprodukte (z. B. Harnstoff, Oligomere) erhalten, aus dem in der nachfolgenden Trennstufe 41, vorzugsweise durch Destillation, das Lösemittel abgetrennt wird. Der Lösemittelstrom 42 wird unter Ersatz von Lösemittelverlusten in den Phosgenierungsreaktor 36 zurückgeführt. Der verbleibende Isocyanatstrom 43 wird in der Reinigungsstufe 44 in Wertprodukt 45 und Schwersieder 46 aufgetrennt. Gegebenenfalls

- 17 -

als Schwersieder anfallenden Oligomere können auch als Wertprodukt betrachtet werden. In der Phosgenierungsreaktion gebildeter Chlorwasserstoff und überschüssiges Phosgen verlassen den Phosgenierungsreaktor 36 als Gasstrom 38, der auch Lösemittelreste, leichtsiedende Nebenprodukte, Kohlenmonoxid, Kohlendioxid sowie Inertgase (beispielsweise Stickstoff, Argon) enthalten kann. Aus diesem werden in der Trennstufe 5 39, vorzugsweise durch Destillation, Phosgen und Lösemittelreste abgetrennt und als Rückstrom 40 in die Phosgenierungsstufe 36 zurückgeführt. Es verbleibt ein Chlorwasserstoffstrom 17, der noch geringe Mengen an Lösemittel, Phosgen oder Inerten enthalten kann. Dieser wird dem Phasenkontaktapparat 18 zugeführt und dort mit Wasser 10 19 in Kontakt gebracht, wobei ein Strom 21 aus verdünnter Salzsäure und ein die gasförmigen Nebenbestandteile enthaltender Abgasstrom 20 erhalten wird. Ein Teil der Salzsäure 24 kann als zusätzlicher Absorptionsmittelstrom 24b in den Phasenkontaktapparat 18 eingespeist werden. Der Strom 21 wird in dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Chlor-Herstellung gemäß Figur 1 eingesetzt.

**Patentansprüche**

- 5 1. Verfahren zur Herstellung von Chlor aus Salzsäure mit den Schritten:
- a) es wird ein Salzsäure-Einsatzstrom I bereitgestellt;
- b) es wird ein Salzsäure-Rückstrom II bereitgestellt;
- 10 c) in einem Destillationsschritt wird aus dem Salzsäure-Einsatzstrom I und dem Salzsäure-Rückstrom II ein Chlorwasserstoffstrom IV abgetrennt;
- d) der Chlorwasserstoffstrom IV, ein Sauerstoff enthaltender Strom V und  
15 gegebenenfalls ein Sauerstoff enthaltender Rückstrom Va werden in eine Oxidationszone eingespeist und Chlorwasserstoff in Gegenwart eines Katalysators zu Chlor oxidiert, wobei ein Produktgasstrom VI erhalten wird, der Chlor, nicht umgesetzten Sauerstoff, nicht umgesetzten Chlorwasserstoff und Wasserdampf enthält;
- 20 e) aus dem Produktgasstrom VI werden in einem Absorptionsschritt Chlorwasserstoff und Wasser abgetrennt; wobei ein Gasstrom VII und der Salzsäure-Rückstrom II erhalten wird;
- f) gegebenenfalls wird der Gasstrom VII getrocknet;
- g) aus dem Gasstrom VII wird ein Sauerstoff enthaltender Strom abgetrennt und  
gegebenenfalls zumindest teilweise als Sauerstoff enthaltender Rückstrom Va in  
die Oxidationszone zurückgeführt, wobei ein Chlor enthaltender Produktstrom  
30 VIII verbleibt;
- h) gegebenenfalls wird der Chlor enthaltende Produktstrom VIII weiter aufgereinigt.
- 35 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Salzsäure-Einsatzstrom I erhalten wird, indem

- a1) ein Chlorwasserstoff enthaltender Einspeisungsgasstrom Ia, der nicht wasserlösliche Nebenbestandteile enthalten kann, bereitgestellt wird;
- 5 a2) in einem Absorptionsschritt Chlorwasserstoff in Wasser absorbiert wird, wobei der Salzsäure-Einsatzstrom I und gegebenenfalls ein Abgasstrom III enthaltend nicht wasserlöslichen Verunreinigungen erhalten wird.
- 10 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Chlorwasserstoff enthaltende Einspeisungsgasstrom Ia als Abstrom erhalten wird bei (1) der Isocyanat-Herstellung aus Phosgen und Aminen, (2) der Säurechlorid-Herstellung, (3) der Polycarbonat-Herstellung, (4) der Herstellung von Vinylchlorid aus Ethylendichlorid und/oder der Chlorierung von Aromaten (5).
- 15 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass in dem Destillationsschritt c) in einem ersten Teilschritt c1) der Salzsäurestrom II in einen Chlorwasserstoffstrom IV und einen azeotrop siedenden Salzsäurestrom IIa aufgetrennt wird, und der azeotrop siedende Salzsäurestrom IIa in einem zweiten Teilschritt c2) in einen Wasserdampfstrom IX und einen Salzsäurestrom IIb höherer Konzentration als IIa aufgetrennt und der Salzsäurestrom IIb in den Teilschritt c1) zurückgeführt wird, wobei der erste Teilschritt c1) bei einem höheren Druck als der zweite Teilschritt c2) durchgeführt wird.
- 20 5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Druck im ersten Teilschritt 1 bis 20 bar beträgt.
- 25 6. Verfahren zur Herstellung von organischen Isocyanaten mit den Schritten
- 30 i) ein Kohlenmonoxid enthaltender Einspeisungsgasstrom X, ein Chlor enthaltender Rückstrom VIII und gegebenenfalls ein Chlor enthaltender Ergänzungsstrom VIIIa werden bereitgestellt;
- ii) in einem Phosgen-Syntheseschritt werden die Ströme X, VIII und gegebenenfalls VIIIa zu einem Phosgen enthaltenden Gasstrom XI umgesetzt;

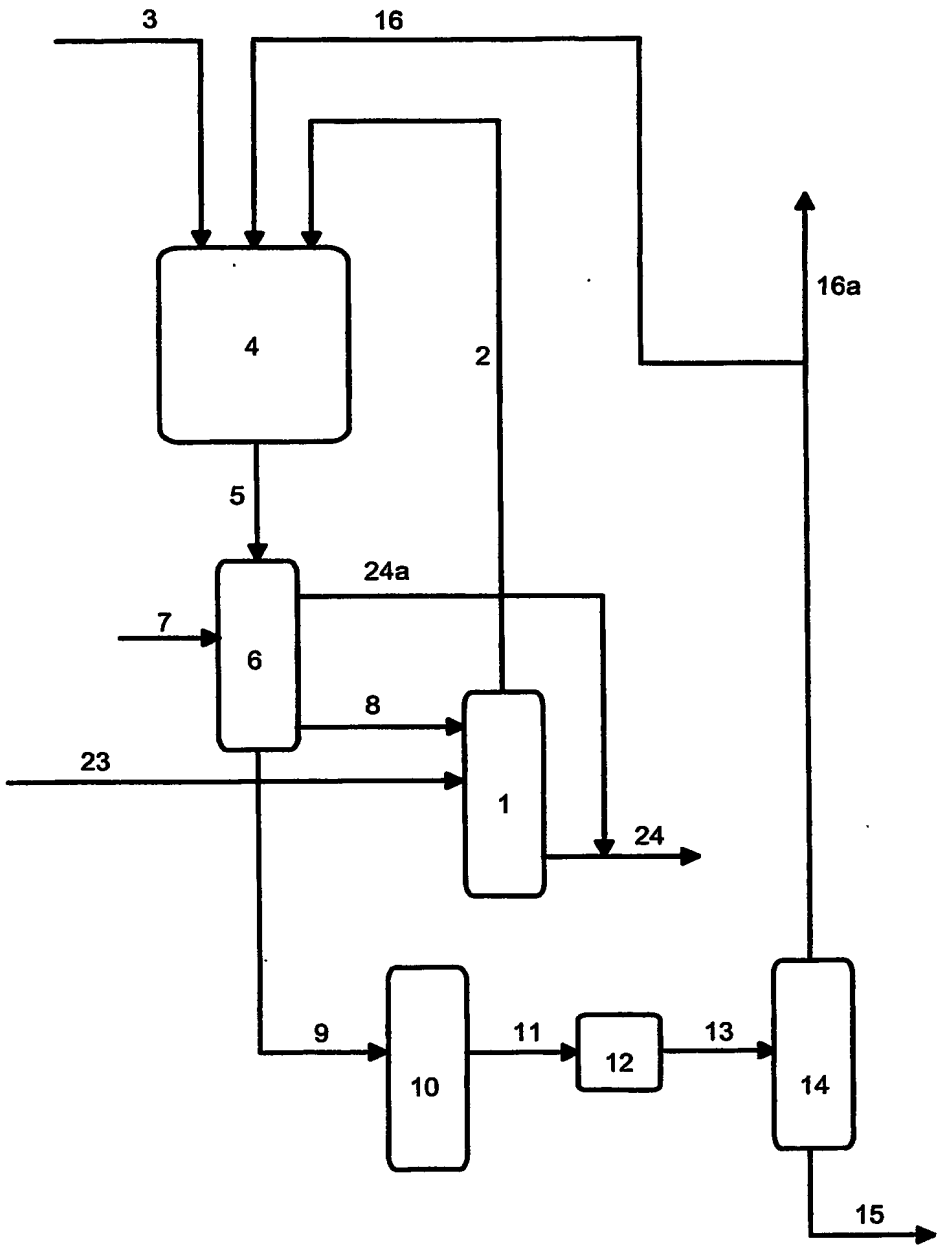
- iii) in einem Isocyanat-Syntheseschritt wird der Phosgen enthaltende Gastrom XI mit oder mehreren primären Aminen zu dem oder den entsprechenden Isocyanaten und Chlorwasserstoff umgesetzt, wobei ein Chlorwasserstoff und nicht umgesetztes Phosgen enthaltender Gasstrom XII und ein Isocyanat enthaltender Strom Produktstrom XIII gewonnen werden;
- iv) aus dem Chlorwasserstoff und nicht umgesetztes Phosgen enthaltenden Gasstrom XII wird in einem Auftrennschritt ein Chlorwasserstoff und gegebenenfalls nicht wasserlösliche Verunreinigungen enthaltender Gasstrom Ia und ein Phosgen enthaltender Strom XIV gewonnen, wobei der Phosgen enthaltende Strom XIV gegebenenfalls in den Isocyanat-Syntheseschritt iii) zurückgeführt wird;
- v) in einem Absorptionsschritt wird Chlorwasserstoff aus dem Gasstrom Ia in Wasser absorbiert, wobei ein Salzsäure-Einsatzstrom I aus verdünnter Salzsäure und gegebenenfalls ein Abgasstrom III enthaltend die nicht wasserlöslichen Verunreinigungen erhalten wird;
- vi) aus dem Salzsäure-Einsatzstrom I und einem Salzsäure-Rückstrom II wird in einem Destillationsschritt ein Chlorwasserstoffstrom IV abgetrennt;
- vii) der Chlorwasserstoffstrom IV, ein Sauerstoff enthaltender Strom V und gegebenenfalls ein Sauerstoff enthaltender Rückstrom Va werden in eine Oxidationszone eingespeist und Chlorwasserstoff in Gegenwart eines Katalysators zu Chlor oxidiert, wobei ein Produktgasstrom VI erhalten wird, der Chlor, nicht umgesetzten Sauerstoff, nicht umgesetzten Chlorwasserstoff und Wasserdampf enthält;
- viii) aus dem Produktgasstrom VI werden in einem Absorptionsschritt Chlorwasserstoff und Wasser abgetrennt, wobei ein Gasstrom VII und ein Salzsäure-Rückstrom II aus verdünnter Salzsäure erhalten wird;
- ix) der Gasstrom VII wird getrocknet;
- x) aus dem Gasstrom VII wird ein Sauerstoff enthaltender Strom abgetrennt und gegebenenfalls zumindest teilweise als Sauerstoff enthaltender Rückstrom Va in die

Oxidationszone zurückgeführt, wobei ein Chlor enthaltender Produktstrom VIII verbleibt;

xi) der Chlor enthaltende Produktstrom VIII wird, gegebenenfalls nach Aufreinigung,  
als Chlor enthaltender Rückstrom VIII in Schritt i) eingesetzt.

7. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass in dem Destillationsschritt vi) in einem ersten Teilschritt vi-1) der Salzsäure-Einsatzstrom I und der Salzsäure-Rückstromstrom II in einen Chlorwasserstoffstrom IV und einen azeotrop siedenden Salzsäurestrom IIa aufgetrennt wird, und der azeotrop siedende Salzsäurestrom IIa in einem zweiten Teilschritt vi-2) in einen Wasserdampfstrom IX und einen Salzsäurestrom IIb höherer Konzentration als IIa aufgetrennt und der Salzsäurestrom IIb in den Teilschritt vi-1) zurückgeführt wird, wobei der erste Teilschritt vi-1) bei einem höheren Druck als der zweite Teilschritt vi-2) durchgeführt wird.

FIG.1



2/3

FIG.2

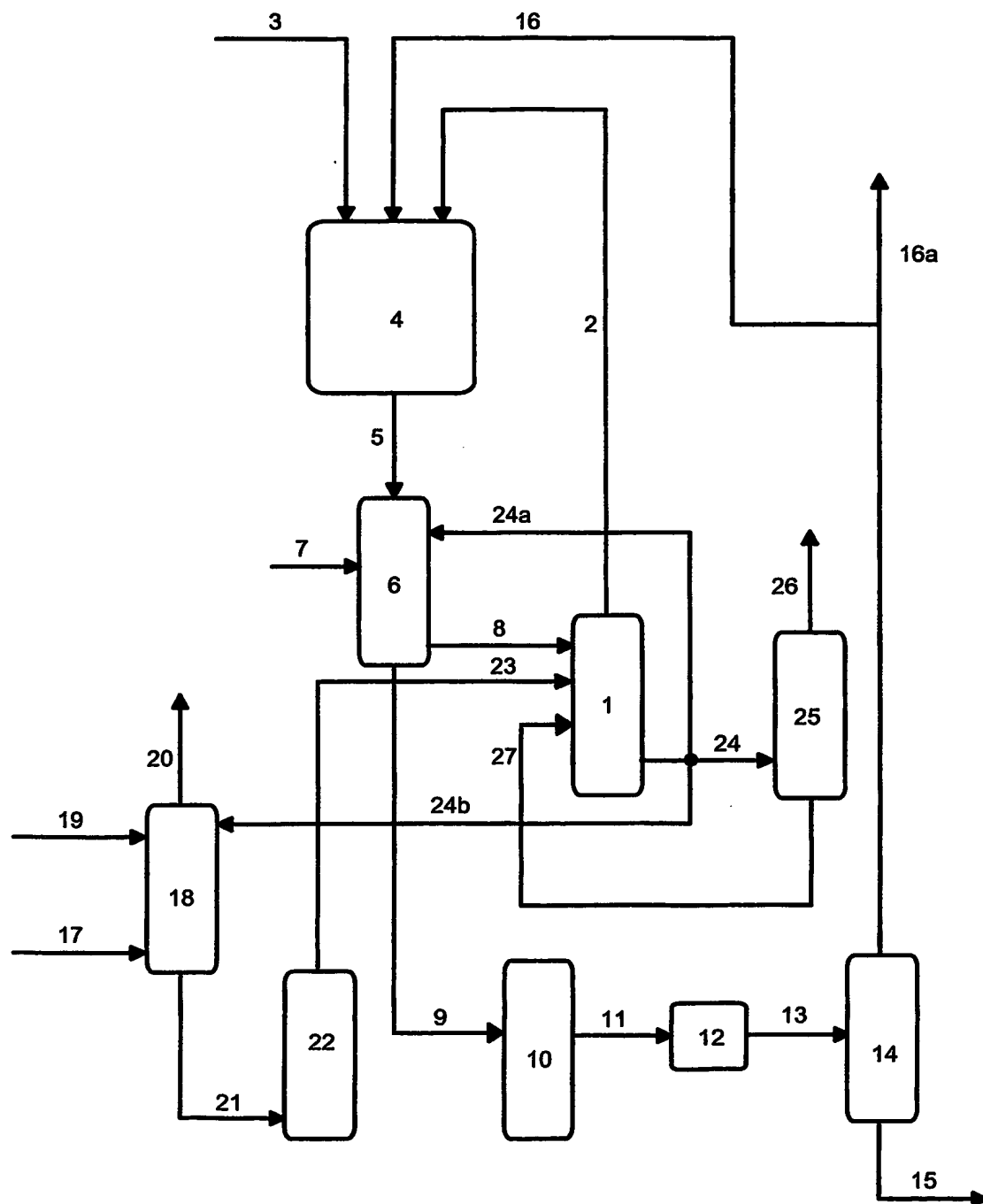




FIG.3

